

Juuso Heinonen

Muuntopiirikohtaisen vertailumittauksen hyödyntäminen mittauksen laadunvarmistuksessa

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

Muuntopiirikohtaisen vertailumittauksen hyödyntäminen mittauksen laadunvarmistuksessa

Heinonen, Juuso
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2018
Sivumäärä: 20
Liitteitä: 0

Asiasanat: Sähköenergia, mittausvirhe, vertailumittaus, sähköverkko

Työssä tutkitaan muuntopiirikohtaisen vertailumittauksen eri mahdollisuuksia sekä selvitetään kustannushyötylaskelmaa eli miten tekninen toteutus olisi järkevä tehdä ja mitkä hyödyt ovat saavutettavissa.

Kuinka tuloksia tulisi analysoida jotta poikkeama/virhekohde löydetään. Onko priorisoinnin kautta jollakin kriteereillä löydettävissä potentiaaliset muuntopiirit, jotka olisi hyvä varustaa vertailumittauksella.

Lähtökohtana käytettävissä oli kaksi eri mittalaitetta ja luennankeruu järjestelmää. Ensimmäisenä oli Echelon CT mittari, jonka luenta toimii Carunan alihankkijan Scheiderin kautta. Toinen käytössä oleva vaihtoehto oli Landis+Gyr:n E650 mittari, jonka luennan keruu tapahtuu Carunan itse hallinnoiman keruujärjestelmän kautta.

Conversion circuits comparison measurement utilisation of in the measurement

Heinonen, Juuso

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

May 2018

Number of pages: 20

Appendices: 0

Keywords: energy, measurement error, conversion measurement, electrical grid

The work examined the various possibilities of the conversion circuit comparison measurement and the cost-benefit calculation so how the technical implementation would be sensible to do and what benefits are achievable.

How to analyze the results to find the deviation/error? Is there any criteria to be found through prioritizing for potential conversion circuits that should be well equipped with a comparison measurement?

The starting point was that there are were two different measuring devices and lecture collection systems. The first was Echelon CT Meter which reads through the Caruna's subcontractor Schneider. The other option used was Landis + Gyr's A E650 meter which collects the reading through the Caruna's self-managed collection system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	CARUNA OY	6
2.1	Sähköverkot	6
2.1.1	Sähköverkon kehittäminen ja kunnossapito	7
2.2	Mittauksen tiedonsiirtotavat.....	7
3	SÄHKÖN MITTAUS.....	8
3.1	Suora mittaus	8
3.2	Epäsuora mittaus.....	9
4	MUUNTOPIIRIT	11
4.1	Muuntamoiden rakenne	11
5	VERTAILUMITTAUS	13
5.1	Tavoitteet	13
5.2	Asennuskohteen etsiminen.....	13
5.3	Mittausvirheet	14
5.3.1	Tapaus 1	15
5.3.2	Tapaus 2	15
5.3.3	Tapaus 3	16
5.4	Kustannuslaskelma	16
5.5	Asiakastyytyväisyys.....	17
6	VERTAILUMITTAUKSEN TULOS	17
7	YHTEENVETO	19
	LÄHTEET.....	20

1 JOHDANTO

Mittausvirheet ovat nousseet suuremmin esille uusien etäluettavien mittareiden asentamisen jälkeen, jolloin ne ovat löytyneet. Varsinkin suurempien kohteiden (yli 63A) mittaukset, joissa käytetään epäsuoraa mittaustapaa. Epäsuorassa mittauksessa on useita mahdollisia kohtia jossa voi tapahtua virhe, joka vääristää lopulta energianmittausta.

Tässä työssä keskityttiin isoihin epäsuoriin kohteisiin, asentamalla epäsuora mittaus muuntopiirin PJ puolelle mittaamaan muuntoaseman syöttämää energiaa. Tästä saadaan yksinkertaisella laskennalla selville, että kuluuko muuntopiirillä todellisuudessa enemmän tai vähemmän sähkö kuin mitä muuntamo syöttää. Luennankeruujärjestelmästä voidaan yksilöidä tietyn muuntopiirin käyttöpaikkojen mittarit, jolloin voidaan tehdä profilointia ja laskentaa muuntopiirin mahdollisista energiahäviöstä.

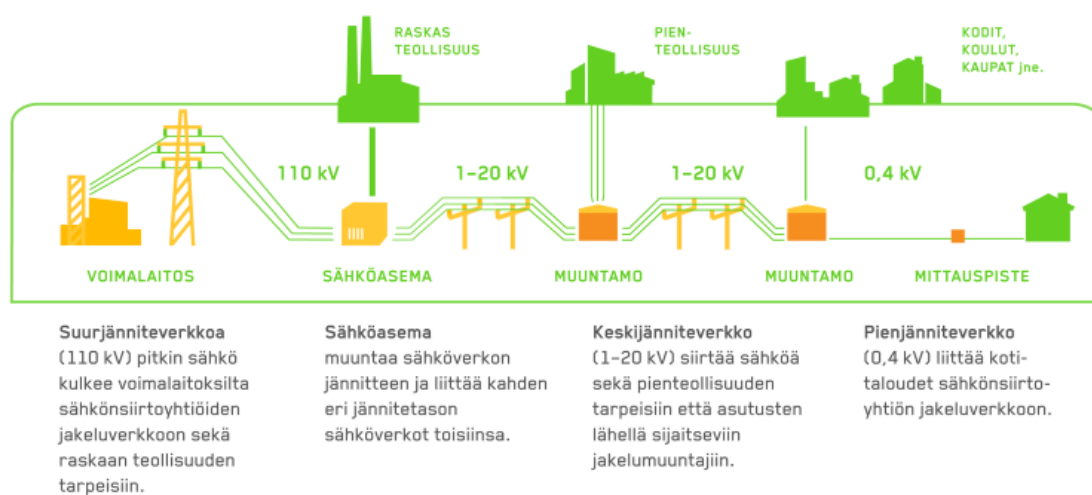
Opinnäytetyössä käydään läpi työn aikana esille tulleita pääkohtia.

2 CARUNA OY

Caruna on Suomen suurin sähkönsiirtoon keskittyvä yritys, noin 20 prosentin markkinaosuus Suomen paikallisesta sähkönsiirrosta. Caruna vastaa 664 000 yksityis- ja yrittäjäasiakkaan sähkönsiirrosta Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomessa, Joensuussa, Koivismaalla sekä Satakunnassa. Carunan noin 82 000 kilometrin pituinen sähköverkko ylittäisi melkein kaksi kertaa maapallon ympäri. Yrityksessä työskentelee noin 270 henkilöä ja työllistää suoraan yhteensä 2 000 henkilöä eri puolilla Suomea. Caruna investoi vuosittain noin 200 miljoonaa euroa sähköverkkoomme. Sähköverkkoyhtiön toimintaa valvoo Energiavirasto joka, säätelee sähköverkkoliiketoimintaa Suomessa. (Carunan www-sivut 2017)

2.1 Sähköverkot

Sähköverkkoa pitkin siirretään sähköä tuottajilta sähkön käyttöpaikkoihin kanta- sekä jakeluverkon kautta kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Jakeluverkon rakenne (Carunan www-sivut 2018)

Suomessa Kantaverkoista vastaa Fingrid Oyj. Kantaverkon kautta sähkö kulkee tuottajilta sähkönsiirto- ja teollisuusyrityksille. Sähkönsiirtoyhtiöt omistavat ja hallinnoivat keski- ja pienjänniteverkkoja, jonka kautta sähköä siirretään kotitalouksille. (Carunan www-sivut 2018)

2.1.1 Sähköverkon kehittäminen ja kunnossapito

Sähköverkon infrastruktuuri on suoraan verrannollinen sähköntoimitus varmuuteen. Uusi säävarma sähkönsiirtoverkko takaa sähkönloppukäyttäjille paremman toimitusvarmuuden. lisäksi saneerauksien yhteydessä verkkoon lisätään automatiikkaa, joka nopeuttaa sähköön palautumista vikatilanteissa.

Uutta sähköverkkoa rakennetaan jatkuvasti, jotta voidaan liittää uusia asiakkaita verkkoon. Olemassa olevaa sähköverkkoa pitää huoltaa ja pitää kunnossa jatkuvasti sähkönsiirron laadun varmistamiseksi. Vanhat ilmajohtokanavat kulkevat usein metsässä tai kadun reunassa, josta toinen reuna on puustoa. Näitä sähköverkon ympäristöjä hoidetaan oksimalla ympäristöä ja kaatamalla linjojen läheisyydessä olevia puita. (Carunan www-sivut 2018)

2.2 Mittauksen tiedonsiirtotavat

Nykyään käytössä on etäluettavat mittarit, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen energianmittauksen. Kuitenkin käytetty sähköenergia mitataan aina edeltävän vuorokauden aikasarjat. Käytettävästä mittarista riippuen tiedonsiirto voi tapahtua internetin-, sähköverkon- tai GSM-yhteyksien kautta.

(Energiateollisuus www-sivut 2018)

CT Echelon vaatii toimiakseen keskittimen, joka pitää löytyä kantosäteen sisäpuolelta (yleensä samalta muuntopiiriltä). Landis+Gyr E650 mittarissa on vaihdettava modeemi, johon voidaan asentaa GSM tai GPRS modeemi sekä SIM-kortti. Suurissa kohteissa on monesti käytettävä modeemi pohjaista tiedonsiirtoa, esimerkiksi tiedonsiirto häiriöiden vuoksi. Myös syrjäinen sijainti edellyttää GSM tai GPRS yhteyden käyttöä. Taulukossa 1 on listattuna käytössä olevien mittareiden tiedonsiirtotavat.

Taulukko 1. Mittareiden tiedonsiirtoyhteys

Mittari	Tiedonsiirtotapa
CT Echehon	Keskitin PLC
Landis+Gyr E650	GPRS / GSM

(Carunan ohjeet sähköenergiamittaukseen sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille)

Kilowattituntimittareiden tiedonsiirto kehittyy jatkuvasti, tiedonsiirron laatu sekä hinta ovat suurimmat tekijät. käytettävä tiedonsiirtotekniikka tulisi olla myös pitkään käytössä, jotta verkkoyhtiön investointia mittareiden tiedonsiirtoon voitaisiin hyödyntää mahdollisimman pitkään. Tiedonsiirtotapoja on monia Carunan käyttämien lisäksi mm: LAN, WLAN, PSTN, TETRA ja LON.

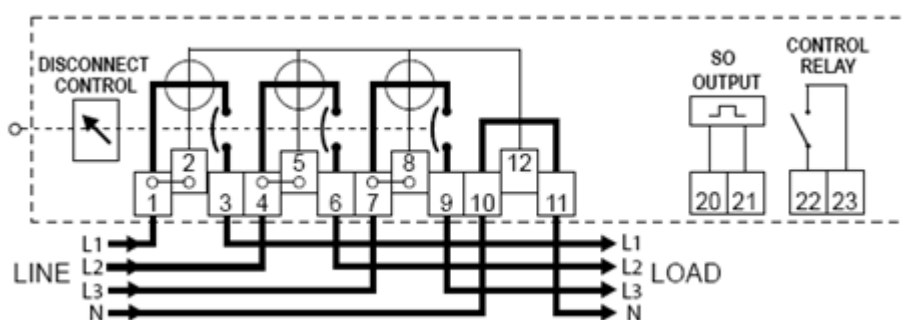
(Mäkinen 2010, 28)

3 SÄHKÖN MITTAUS

3.1 Suora mittaus

Suoraa mittaustapaa käytetään korkeintaan 63A liittymäkokoon asti, jolloin kulutettu sähköenergia kulkee mittalaitteen läpi. Suoran mittauksen etuna on helposti selviävä mittausvirhe. Mittarin kytkentä on paljon helpompi kuin mitä epäsuorassa mittauksessa. Jos kuitenkin esim. kuvan 2 kytkennästä johtimet 4 ja 6 menevät ristiin niin mittari ilmoittaa virheestä mittauksenhallinta järjestelmässä sähköön tuotantona.

(Carunan ohjeet sähköenergiamittaukseen sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille)

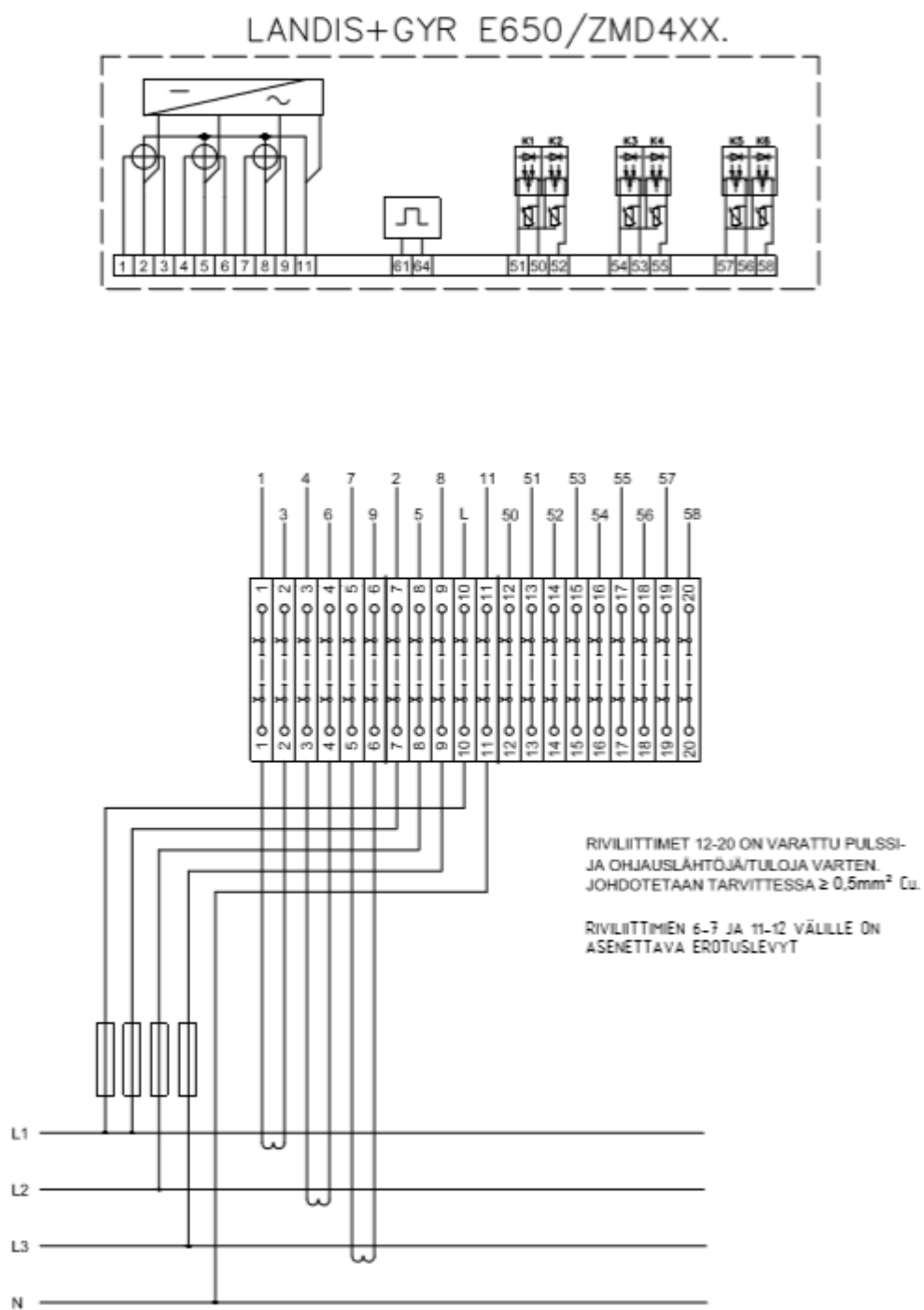


Kuva 2. Suora mittauskytkentä. (Vuokko, sähköposti 25.8.2017)

3.2 Epäsuora mittaus

Epäsuora mittautapa perustuu virtamuuntajiin, joiden läpi kulkee käyttöpaikan syöttövirta. Mittaus tapahtuu virtamuuntajien avulla. Virtamuuntajan tarkkuusluokan tulee olla 0,2S ja toisiosovitus 5A. Mittausjohtimet pitää olla selvästi erilleen muista johdoista ja virta- jännitejohtimien poikkipinta-ala on oltava vähintään 2,5 mm². Kuvassa 3 on esitettyinä epäsuoran mittauksen kytkentä.

(Carunan ohjeet sähköenergiamittaukseen sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille)



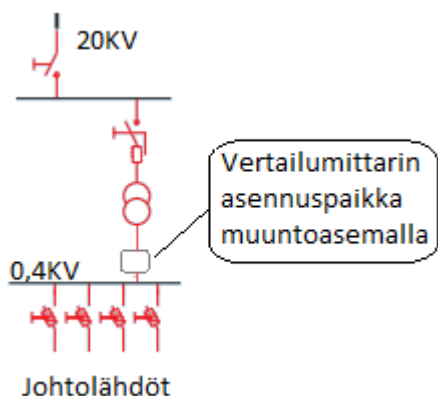
Kuva 3. Epäsuora mittauskytkentä (Vuokko, sähköposti 25.8.2017)

4 MUUNTOPIIRIT

Jakeluverkon pienjännitepuoli koostuu muuntopiireistä. Sähköä siirretään korkeajännitteisenä, joka muunnetaan muuntoasemalla 20kV -> 0,4kV. Muuntopiirit olivat tämän opinnäytetyön avain asemassa. Carunan sähköjakeluverkossa on 28 000 20kV -> 0,4kV muuntoasemaa. Vertailumittari vaatii muuntoaseman sisäpuolelta riittävästi tilaa, mittalaite vaatii oman asennuspaikan sekä pitää pystyä johdottamaan virtamuuntajilta mittajohtimet turvallisesti. Muuntoaseman sisällä on monia vaara tekijöitä, jotka hankaloittavat asennustyötä.

4.1 Muuntamoiden rakenne

Opinnäytetyön kannalta muuntamon tärkein osa on muuntajan jälkeinen pienjännitepuoli, ennen johtolähtöjä.



Kuva 4. Vertailumittarin sijainti muuntamo kaaviossa

Muuntoasemilla on jo tehtaalla valmiiksi asennetut virtamuuntajat muuntajan PJ puolen jännitekiskoissa. Muuntajalla M 2034 on 1600/5 virtamuuntajat. Normaalissa mittauksessa virtamuuntajien tarkkuusluokan pitää olla 0,2S, mutta muuntamoilla käytettävät virtamuuntajat ovat tarkkuusluokaltaan 0,5S (kuva 5). Virtamuuntajien tarkkuusluokka pitää ottaa huomioon tämän opinnäytetyön tuloksissa vain mahdollisesti suurempana virheprosenttina. Käytännössä esiasennetut virtamuuntajat muuntoasemalla ovat muuntajan kuormien mittaamista varten, nämä mittarit ovat aina muuntoaseman kaapin ovissa. Tämä helpotti huomattavasti vertailumittarin asentamista. Muuntoaseman johdotus (kuva 6) on tehty hyvin ja rinnalle pystyy helposti asentamaan vertailumittauksen (kuva 7).



Kuva 5. Muuntoaseman M2034 virtamuuntajat



Kuva 6. Muuntoaseman 16792 virtamuuntaja johdotusta



Kuva 7. Asennettu vertailumittari 16792 muuntoasemalla

5 VERTAILUMITTAUS

Vertailumittarina päätettiin käyttää Landis+Gyr:n ZMD mittaria E650. Mittareita asennettiin neljälle eri muuntopiirille etsimään mahdollisia mittausvirhekohteita. Lähtökohtana oli myös käyttää huomattavasti edullisempaa Telventin CT Echelon mittareita, näiden käyttäminen vertailumittauksessa osoittautui selvitystyön jälkeen lähes mahdottomaksi. Suurin syy tähän oli käyttöpaikan perustamisen vaikeus järjestelmässä. Vertailumittaus piti lopulta saada Carunan itse hallinnoimaan luentajärjestelmään, jotta mittaus saatiin eriteltyä laskutusjärjestelmistä.

5.1 Tavoitteet

Ennen työn aloittamista tavoitteena oli asentaa vertailumittaus profiloidulle muuntoasemalle paljastamaan mahdolliset mittausvirheet. Lähtökohtana vertailumittauksella yritettiin etsiä epäsuorien mittauksien virheitä, joissa mahdolliset virheet olisivat isoja.

5.2 Asennuskohteen etsiminen

Verkkotietojärjestelmän kautta pystyi hakemaan listauksen kaikista Carunan muuntopiireistä niiden käyttöpaikkoineen. Muuntoasemat profiloitiin epäsuorien mittauksien lukumäärällä. Profiloinnin jälkeen saatiin listaus muuntopiireistä, joissa on eniten epäsuoria mittauksia, nämä piti manuaalisesti käydä läpi ja ottaa listauksesta pois muuntopiirit joihin ei ollut valmiutta asentaa mittauksia. Samalla muuntopiirillä ei myöskään saanut olla 20kV liittymiä, joiden mittaukset olisivat sotkeneet vertailumittauksen tuloksen.

Taulukossa 2 on muuntopiirien käyttöpaikka määrät suoraa- ja epäsuoran mittauksien lukumäärän mukaan profiloituja. Muuntopiiri pitää olla riittävän suuri, jotta mittari on kannattavaa asentaa. Profiloinnissa epäsuorien mittauksien määrä oli pääosassa. Muuntopiirin valitsemisen yhteydessä täytyi käydä muuntopiirin kaikki epäsuorat mittaukset läpi ja tarkistaa, ettei siellä ole 20kV mittauksia. Listauksessa (taulukko 2) 30 ensimmäistä muuntopiiriä, näistä lopulta vain viidelle muuntoasemalle oli mahdollista asentaa vertailumittari. Viidestä potentiaalisesta kohteesta yhden muuntamorakenne

oli liian haasteellinen vertailumittarin asentamisen kannalta. Carunan jakeluverkossa on 621 muuntoasemaa, joissa on viisi tai useampi epäsuora mittaus. Myöhempiin tarkasteluun otettiin vertailumittaukset muuntamoilta 16792 ja ESM2034.

Taulukko 2. Muuntopiirien mittausten lukumäärät

Muuntamotunnus	Epäsuora mittaus	Suora mittaus
ESM2116	32	502
ESM4050	27	1
ESM3984	20	131
ESM48	19	114
M21336	19	12
ESM726	17	254
ESM963	17	60
ESM19	16	60
JOM145	16	184
ESM2035	15	518
ESM2457	15	427
JOM316	15	187
LM11501	15	148
ESM2227	15	3
ESM2350	14	432
JOM251	14	193
ESM699	14	315
ESM2365	14	200
ESM2034	14	395
16792	14	415
JOM048	14	210
14859	13	307
ESM890	13	37
M25819	13	520
14818	13	20
ESM2113	13	525
ESM2029	13	89
ESM2354	12	451
T0443	12	90
ESM875	12	418

5.3 Mittausvirheet

Mittausvirheitä on löytynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana normaalia enemmän mittarinvaihtojen yhteydessä. Myös tarkastusvaatimukset ovat nousseet uusien mittarinvaihtojen yhteydessä. Vanhat MT 30 ja 40 mittalaitteet vaihdettiin kaikki Carunan verkko alueella vuoden 2016 aikana.

Yleisesti mittausvirhe havaitaan mittarinvaihdon yhteydessä tai sille kehitetyn järjestelmän kautta. On myös tapauksia, että asiakas pyytää tarkastusta epäilystä mittausvirheestä. Mittausvirhe epäilyt tarkistetaan kaikki käynnillä paikan päällä, mahdollisen virheen löydettyä pystytään laskemaan kertoimien avulla todellinen sähkönkulutus.

Verkkopalveluehtojen kohdan 7.6 Mukaan, laskutus- ja mittausvirheen sekä mittarin luentavirheen johdosta verkonhaltijalla on oikeus lisäveloitukseen. Kohdassa 7.6.2 todetaan lisäksi, sopijaosapuolet voivat vaatia saataviaan kolmen viimeksi kuluneen vuoden ajalta. Kolmen vuoden määräaika lasketaan virheen ilmoittamisesta toiselle sopijapuolelle. Seuraavissa kohdissa esittelen kolme erilaista mittausvirhettä.

(Verkkopalveluehdot 2014)

5.3.1 Tapaus 1

XXX Oy:n käyttöpaikalla ZZZ, tehtiin mittarinvaihto 1.2.2017. Mittausdataa tarkastellessa huomioitiin kulutuksen kaksinkertaistuneen mittarilla. Vanha pääte MT40 oli ohjelmoitu virheellisesti virtamuuntaja-arvolle 100/5, vaikka kohteessa oli 200/5 virtamuuntajat. Kohteen virtamuuntajat oli todennäköisesti vaihdettu 200/5 6.6.2007 klo 8:00, jolloin mittausvirhe oli alkanut. Mittauksen virhekerroin oli ollut 2.

Korjauslaskun suuruus asiakkaalle oli noin 20 000€ ajalta 13.2.2014 – 1.2.2017. Mittausvirhe oli alkanut jo 6.6.2007. Mittausvirheen vuoksi asiakkaalta jäi laskuttamatta kulutettu sähköenergia siirtomaksuineen ajalta 6.6.2007 – 13.2.2014, noin 50 000€.

(Koskimies K. henkilökohtainen tiedoksianto 25.5.2017)

5.3.2 Tapaus 2

XXX Oy:n käyttöpaikalla ZZZ, tehtiin mittarinvaihto 12.7.2016. Mittari oli ohjelmoitu virtamuuntajakoolle 600/5 vaikka kohteessa oli 800/5 virtamuuntajat. Virtamuuntajat oli todennäköisesti vaihdettu 800/5 kokoiseksi 19.1.2008, mutta sitä muutosta ei ilmoitettu Caruna Oy:lle (entinen Fortum Sähkön siirto Oy). Mittausvirheen suuruus oli -25%.

Korjauslaskun suuruus asiakkaalle oli noin 47 000€ ajalta 26.7.2013 – 12.7.2016. Mittausvirhe oli alkanut jo 19.1.2008. Mittausvirheen vuoksi asiakkaalta jäi laskuttamatta kulutettu sähköenergia siirtomaksuineen ajalta 19.1.2008 – 26.7.2013, noin 78 000€. (Koskimies K. henkilökohtainen tiedoksianto 25.5.2017)

5.3.3 Tapaus 3

XXX Oy:n käyttöpaikalla ZZZ, tehtiin mittarin tarkistus asiakkaan pyynnöstä 16.11.2016. Asiakas oli pyytänyt asentajan erilliskäyntiä tarkastamaan kohteen epäsuoran mittalaitteen ohjelmoinnin ja virtamuuntajien asettelun. Mittari oli ohjelmoitu virheellisesti virtamuuntaja-arvolle 250/5, kohteen virtamuuntajilla oli kaksinkertainen lävistys 250/2/5. Mittari ohjelmoitiin uudelleen tarkastuksen jälkeen virtamuuntaja-arvolle 125/5. Sähköenergia oli siis mitattu kaksinkertaisena.

Asiakas oli oikeutettu hyvityslaskuun kolmen viimeksi kuluneen vuoden ajalta. Ajalta 18.11.2014 – 16.11.2016 hyvityslaskun suuruus oli 13 000€. (Koskimies K. henkilökohtainen tiedoksianto 25.5.2017)

5.4 Kustannuslaskelma

Pelkästään kolmen edellisen esimerkin laskuttamatta jääneet korjauslaskut olisivat olleet noin 115 000€ sisältäen energian, siirron ja verot. Yhden epäsuoran 0,4KV vertailumittauksen asennushinta kokonaisuudessaan on noin 300-400€ asennuskohteesta riippuen.

Vertailumittauksen asentaminen jokaiselle muuntoasemalle olisi jo todella iso kustannus erä. Lisäksi vielä järjestelmäkehitykseen pitäisi varata reilusti rahaa, jotta laskennat saataisiin automatisoitua. Jos vertailumittarit saataisiin asennettua jokaiselle muuntoasemalla, jossa on yli viisi epäsuoraa mittausta. Mahdolliset kustannukset, olisi noin 200 000€.

Laskennan perusteella vertailumittaukset ovat jopa kannattavia asentaa profiloiduille muuntoasemille löytämään mittausvirheitä, tämä ei kuitenkaan ole enää ajantasainen

laskelma. Mittausvirheet ovat ajalta jolloin on ollut käytössä vanhempaa teknologiaa olevat mittarit, myös mittareiden asennustöitä ei ole ennen tarkastettu samalla tarkkuudella kuin nykyään.

5.5 Asiakastyytyväisyys

Mittauksen laadunvarmistus vertailumittauksen avulla parantaa asiakastyytyväisyyttä, sillä mittausvirheet saataisiin selville mahdollisimman nopeasti. Näin säästyttäisiin suurilta korjauslaskuilta.

6 VERTAILUMITTAUKSEN TULOS

Carunan verkkoon asennettiin vertailumittareita neljä kappaletta 2017 kesällä. Näistä kolmen muuntamohäviöksi saatiin noin 2,5% ja yhden vertailumittauksen muuntamohäviö oli noin -2,5%. Yleisesti jokaisesta asennetusta mittarista pitää tehdä mittauspöytäkirja, jossa selviää mittarin toiminta ja tarkastetaan myös mittausvirheprosentti. Normaalisti 400V epäsuoran mittauksen virheprosentti pitää olla raja-arvon $\pm 2\%$. Kun asennuskohteena on muuntoasema, ei mittauspöytäkirjaa pystytty tekemään turvallisesti ilman sähkökatkoa, joten vertailumittarin mittausvirhettä ei saada tarkistettua.

Laskennassa (taulukko 3) pitää ottaa huomioon, että mittausvirhettä voi olla myös käytössä olevat virtamuuntajat nostavat tätä prosenttia. Mittauksen virhe voi olla siis myös negatiivinen, Laskennassa huomataan, että muuntoaseman 16792 muuntajahäviö on positiivinen, eli mittari mittaa enemmän kuin muuntopiirin yhteiskulutus. Muuntoaseman ESM2034 Muuntajahäviön tulos on negatiivinen, eli muuntopiirillä kuluu enemmän sähköä kuin muuntamo syöttää. Edellä mainittu negatiivinen muuntajahäviö olisi merkki mahdollisesta mittausvirheestä, kuitenkin havaittu häviö on vielä niin pieni (noin -2,5%). Muuntajahäviö tulokset ovat kaikki $\pm 3\%$ sisällä toisistaan. Tämä mittauksen virheprosentti selittyy muuntamalla käytössä olevilla virtamuuntajilla, joiden tarkkuusluokat eivät täyty vaatimuksia. Myös energia häviöitä tulee muuntopiiristä

riippuen. Jos vertailumittauksen muuntopiiriltä löytyisi mittausvirhettä, niin se näkyisi huomattavasti suurempana vaihteluna.

Taulukko 3. Muuntamohäviöt

Aikaleima	Muuntajahäviö 16792 (kWh)	Status	Muuntajahäviö ESM2034 (kWh)	Status
1.9.2017 0:00	0,004	Calculated	-0,003	Calculated
1.9.2017 1:00	0,004	Calculated	-0,004	Calculated
1.9.2017 2:00	0,003	Calculated	-0,003	Calculated
1.9.2017 3:00	0,003	Calculated	-0,003	Calculated
1.9.2017 4:00	0,003	Calculated	-0,003	Calculated
1.9.2017 5:00	0,003	Calculated	-0,004	Calculated
1.9.2017 6:00	0,004	Calculated	-0,017	Calculated
1.9.2017 7:00	0,005	Calculated	-0,016	Calculated
1.9.2017 8:00	0,004	Calculated	-0,014	Calculated
1.9.2017 9:00	0,005	Calculated	-0,017	Calculated
1.9.2017 10:00	0,005	Calculated	-0,019	Calculated
1.9.2017 11:00	0,005	Calculated	-0,019	Calculated
1.9.2017 12:00	0,005	Calculated	-0,020	Calculated
1.9.2017 13:00	0,004	Calculated	-0,011	Calculated
1.9.2017 14:00	0,006	Calculated	-0,009	Calculated
1.9.2017 15:00	0,004	Calculated	-0,007	Calculated
1.9.2017 16:00	0,006	Calculated	-0,007	Calculated
1.9.2017 17:00	0,007	Calculated	-0,004	Calculated
1.9.2017 18:00	0,006	Calculated	-0,002	Calculated
1.9.2017 19:00	0,006	Calculated	-0,002	Calculated
1.9.2017 20:00	0,007	Calculated	0,000	Calculated
1.9.2017 21:00	0,009	Calculated	-0,001	Calculated
1.9.2017 22:00	0,007	Calculated	-0,002	Calculated
1.9.2017 23:00	0,006	Calculated	-0,002	Calculated
Summa 1.9.2017 0:00 - 30.11.2017 23:00	14,574	Calculated	-17,879	Calculated

Vertailumittauksen avulla on mahdollista löytää mittaus virhe kyseiseltä muuntopiiriltä missä mittari on asennettuna, kustannuksienkin kannalta tämä ei olisi liian iso investointi ajatellen mahdollisesti parempaa asiakastytyväisyyttä ja mittauksen laadun varmistusta. Jos käytössä olisi vieläkin vanhaa mittaustekniikkaa niin silloin olisi järkevää asentaa vertailumittaukset. Nykyisellä tekniikalla ja asennuksien yhteydessä suoritettavat tarkastukset huomioiden mittausvirheen mahdollisuus on hyvin vähäinen.

7 YHTEENVETO

Mielestäni opinnäytetyön tulosta voisi pitää hyvänä, vaikkei yhtään mittausvirhettä löytynytäkään. Vertailumittausta saatiin kokeilla käytännössä ja saatiin tuloksia fyysiseltä mittarilta profiloiduilta muuntoasemilta. Myös järjestelmäpuolta tutkittiin paljon työn aikana ja selville tuli asioita mitä vertailumittaukset vaatisivat järjestelmiltä suurempana massana. Järjestelmäpuolen puutteena oli perustaa mittaus laskutusjärjestelmien ulkopuolella. Myös muuntajahäviölaskenta toteutettiin järjestelmässä manuaalisella laskennalla. Muuntoasemilla olevat virtamuuntajat eivät täyttäneet vaatimuksia tarkkuusluokan osalta, mikä lopulta vääristää vertailumittauksen tulosta. Muuntopiirillä sijaitsevat 20kV liittymät olivat myös este onnistuneelle vertailumittaukselle. Lisäksi kaikkien muuntoasemien rakenne ei välttämättä sovellu vertailumittarin asentamiselle.

Onnistunut pilotti vertailumittauksen käytöstä muuntopiirikohtaisen mittauksen laadunvarmistuksessa. Suurin työmäärä oli järjestelmien selvitystyössä kesällä 2017. Myös kirja lähteiden vähyys on hankaloittava tekijä työn aikana.

Mahdollinen vertailumittaus on ollut pitkään avoimena kysymyksenä Caruna Oy:ssä. Teoriassa koko sähköjakeluverkon kattava vertailumittausjärjestelmän avulla saataisiin selville kaikki mittausvirheet, työn aikana tulleiden esteiden ja tulosten perusteella vertailumittauksia ei kannata asentaa isona massana.

LÄHTEET

Caruna, www-sivut 2017 www.caruna.fi, viitattu 25.8.2017

[Caruna, www-sivut 2018 www.caruna.fi/caruna/sahkoverkko](http://www.caruna.fi/caruna/sahkoverkko), viitattu 14.5.2018

Energiateollisuus www-sivut 2018, viitattu 14.5.2018. www.energia.fi

Carunan ohjeet sähköenergiamittaukseen sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille, julkaisematon dokumentti

Mäkinen, P. 2010. Sähköasennukset 4. Sähköinfo Oy, Espoo

Vuokko, L. Caruna mittauspalvelut sähköposti 25.8.2017, viitattu 14.5.2018

Verkkopalveluehdot VPE 2014, viitattu 15.5.2018

Koskimies, K. 2017 Caruna mittauspalvelut. Henkilökohtainen tiedoksianto, viitattu 14.5.2018